(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

UO‘K: 669.24:669.056.9(575.1) 10.70769/3030-3214.SRT.3.3.2025.26

PLATINOIDLARNI QAYTA ISHLASHDAN HOSIL BO‘LGAN CHIQINDILARIDAN PLATINA VA PALLADIYNI AJRATIB OLISH TEXNOLOGIYASINI TADQIQ QILISH

Turdiyev Shahboz Shermamat o‘g‘li
(DSc), Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: shahboz01011991@mail.ru

G‘aniyev Barkamol Eshdavlat o‘g‘li
Magistr, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: perfection.2001.02.07@gmail.com

Boboxonov Abbos Ruslanovich
Talaba, Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi, O‘zbekiston
E-mail: abbos_01011991@mail.ru

Annotatsiya. *Ushbu maqolada “Olmaliq KMK” AJ kon-metallurgiya majmuasida platinoidlar ishlab chiqarishidan hosil bo‘lgan texnogen chiqindilardan palladiy va platinani ajratib olishning laboratoriya asosidagi kompleks texnologiyasi tadqiq etildi. Jarayon zanjiri quyidagicha optimallashtirildi: tiokarbamid eritmasi bilan Pd-kompleksni cho‘ktirish (70–90 g/l, 25–30 daq, E=94–96%), cho‘kmani 550–600°C da termik parchalatish, so‘ng shoh arog‘ida eritish (100 g mahsulotga ~2 l, 1–2 soat). Eritmadan platinani selektiv cho‘ktirish uchun NH_4Cl qo‘llanildi ($(NH_4)_2[PtCl_6]$), palladiy esa eritmada saqlanib qoldi. Pd-eritmasi ammiak bilan $[Pd(NH_3)_4]Cl_2$ ko‘rinishiga o‘tkazilib, HCl muhitida XPZ – $[Pd(NH_3)_2Cl_2]$ cho‘kmaga aylantirildi; yakunda gidrazin (zaruratda chumoli kislota) bilan metall Pd gacha qaytarildi. Taklif etilgan oqim sxemasi 17 ta operatsiyadan iborat bo‘lib, umumiy davomiylik 24–26 soatni tashkil etdi; palladiy ajralish darajasi 55% dan 84% gacha oshirildi, yakuniy Pd kukuni tozaligi 99,5–99,94% ga yetdi. Texnologiya reagent sarfi va energiya iste’moli bo‘yicha iqtisodiy samarali hamda chiqindi maydonlaridagi ekologik yukni kamaytirishga xizmat qiladi.*

Kalit so‘zlari: *texnogen chiqindi; palladiy; platina; tiokarbamid bilan cho‘ktirish; shoh arog‘ida eritish; kuydirish (kaltsinatsiya); gidrazin bilan qaytarish; ammiakli komplekslar; XPZ ($[Pd(NH_3)_2Cl_2]$); selektiv cho‘kma; affinaj; “Olmaliq KMK”.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПЛАТИНЫ И ПАЛЛАДИЯ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАТИНОИДОВ

Турдиев Шахбоз Шермамат угли
(DSc), Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Ганиев Баркамол Эшдавлат угли
Магистр, Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Бобохонов Аббос Русланович
Студент, Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Аннотация. *В статье исследована лабораторно-технологическая схема извлечения палладия и платины из техногенных отходов, образующихся в условиях АО «Алмалыкский ГМК». Последовательность операций оптимизирована: осаждение палладиевого комплекса тиокарбамидом (70–90 г/л, 25–30 мин, E=94–96%), термическое разложение осадка при 550–600°C, последующее выщелачивание «царской водкой» (≈2 л на 100 г продукта, 1–2 ч). Платина*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

селективно осаждается хлоридом аммония в виде $(NH_4)_2[PtCl_6]$, палладий остается в растворе, затем переводится в аммиачный комплекс $[Pd(NH_3)_4]Cl_2$ и осаждается как ХПЗ-комплекс $[Pd(NH_3)_2Cl_2]$; завершающая стадия — восстановление гидразином (при необходимости муравьиной кислотой) до металлического Pd. Предложенная схема (17 операций, 24–26 ч) повышает степень извлечения Pd с 55% до 84%; чистота конечного порошка палладия достигает 99,5–99,94%. Технология экономична по реагентам и энергии и снижает экологическую нагрузку на карты складирования отходов.
Ключевые слова: *техногенные отходы; палладий; платина; тиокарбамид; выщелачивание «царской водкой»; кальцинация; восстановление гидразином; аммиачные комплексы; $[Pd(NH_3)_2Cl_2]$ (ХПЗ); селективное осаждение; аффинаж; АГМК.*

STUDY OF THE TECHNOLOGY FOR EXTRACTING PLATINUM AND PALLADIUM FROM WASTE FROM PLATINOID PROCESSING

Turdiev Shahboz Shermamat ugli
(DSc), Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Ganiev Barkamol Eshdavlat ugli
Master, Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Boboxonov Abbos Ruslanovich
Student, Karshi State Technical University Karshi, Uzbekistan

Abstract. *This paper presents a laboratory-scale process for recovering palladium and platinum from technogenic wastes generated at Almalyk MMC. The flowsheet was optimized as follows: thiourea precipitation of a Pd complex (70–90 g/L, 25–30 min, E=94–96%), thermal decomposition of the precipitate at 550–600°C, followed by aqua-regia leaching (≈2 L per 100 g product, 1–2 h). Platinum is selectively precipitated with ammonium chloride as $(NH_4)_2[PtCl_6]$, while Pd remains in solution, is converted to the ammoniacal complex $[Pd(NH_3)_4]Cl_2$, then precipitated as the dichlorodiammine complex $[Pd(NH_3)_2Cl_2]$; final reduction to metallic Pd is carried out with hydrazine (optionally formic acid). The proposed 17-step, 24–26 h scheme increases Pd recovery from 55% to 84%, delivering refined Pd powder of 99.5–99.94% purity. The technology is reagent- and energy-efficient and mitigates environmental burden at waste storage sites.*
Keywords: *technogenic waste; palladium; platinum; thiourea precipitation; aqua-regia leaching; calcination; hydrazine reduction; ammoniacal complexes; $[Pd(NH_3)_2Cl_2]$; selective precipitation; refining; Almalyk MMC.*

Kirish. Hozirgi vaqtda jahon kon-metallurgiya sanoatida yillar davomida to‘plangan sanoat chiqindilarini qayta ishlashga yo‘naltirilgan barqaror tendensiya kuzatilmoqda. Bunga sabab — yuqori tarkibli, oson qayta ishlanadigan rudalar zaxiralari ko‘plab konlarda deyarli tugab borayotgani. Natijada konditsion rudalarni qayta ishlash hajmi qisqarib, sanoat chiqindilari, qiyin boyitiluvchi rudalar hamda balansdan tashqari past navli rudalar/chiqindilarni qayta ishlashga jalb etish zarurati yuzaga keldi.

Eksperimentlar metodikasi. Palladiy–tiokarbamid kompleksini cho‘ktirish jarayoni 15–30 daqiqa davomida aralashtirgichli titan reaktorda amalga oshiriladi. Cho‘kma hosil bo‘lgach, u filtrdan o‘tkaziladi, pH≈5 bo‘lguncha distillangan suv bilan yuviladi, vakuum ostida quritiladi va maydalanadi; so‘ng termik parchalanish orqali qimmatbaho metallar yuzasi “ochiladi”. Palladiyli kompleksning termal parchalanishi bo‘yicha tajribalar SNOL markali mufel laboratoriya pechida o‘tkazildi. Ishning maqsadi: mahsulotni to‘liq parchalatish, zarracha yuzalarini ochish hamda gaz fazasining harorati va tarkibining parchalanish xarakteriga ta’sirini o‘rganishdan iborat. Termik ishlovdan keyin olingan mahsulot yanchish qurilmasida maydalanadi. Keyin palladiyli mahsulot titan reaktorda gidrazin eritmasi bilan ishlanadi: eritma 60–80 °C gacha qizdirilib, 2–4 soat davomida gidrazin bilan aralashtiriladi, metall palladiy cho‘kmasi ajratib olinadi va eritmada qolgan palladiy konsentratsiyasi tahlil qilinadi.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

Qaytarilish jarayoni tugagach, oraliq palladiy mahsuloti gidrazin qoldiqlarini yo‘qotish uchun distillangan suv bilan puxta yuviladi va 100–110°C da quritiladi [8, 167-b.].

Palladiy va platinaning eruvchanligi jarayon davomiyligi hamda shoh suvi (aqua regia) sarfiga qanday bog‘liqligini aniqlash tajribalari quyidagicha bajarildi: quritilgan palladiy mahsuloti kichik fraksiyalarga bo‘linib, V=0,05 m³ hajmli qizdirilgan idishga solindi; idishda oldindan nitrat va xlorid kislotalar aralashmasi tayyorlab qo‘yildi. Shoh suvi sarfi – 100 g palladiy kukuniga 2 l. Eritish doimiy qizdirish sharoitida 1–2 soat davom ettirildi.

Tadqiqot natijalari va ularning tahlili. Palladiyni eritmalardan ajratishning bir necha usuli ma’lum. Jumladan, cho‘ktirish jarayonida xlorid, ftorid, tiokarbamid yoki rodanid tipidagi eritmalardan foydalaniladi. Metall palladiy nitrat kislota eritmalarida oson eriydi; shuning uchun uni bunday eritmalardan metall shaklida cho‘ktirish orqali ajratib olish jiddiy qiyinchiliklar tug‘diradi [10, 55-b.].

Tadqiqotlar ko‘rsatishicha, tiokarbamid eritmasi palladiy va platina guruhi metallari (PGM)ni cho‘ktirish uchun optimal reagentdir. Tajribalarda aniqlangandek, tiokarbamid eritmasi bilan o‘zaro ta’sirlashganda nodir metallar cho‘kma hosil qiladi, faolligi yuqori bo‘lgan rangli metallar esa erib eritma fazasiga o‘tadi; natijada asosiy qimmatbaho komponentlar cho‘kma tarkibida saqlanib qoladi [11, 11-b.]:

$$Pd(NO_3)_2+SC(NH_2)_2=[Pd(SC(NH_2)_2](NO_3)_2$$

Tarkibida palladiy miqdori har xil bo‘lgan eritmalardan tiokarbamid eritmasi bilan palladiyni cho‘ktirish bo‘yicha tadqiqot natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, palladiy va platinaning cho‘ktirish jarayoniga metallar konsentratsiyasi, tiokarbamid eritmasining konsentratsiyasi hamda jarayon davomiyligi sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Tiokarbamid eritmasining 70–90 g/l atrofidagi yuqori konsentratsiyasi palladiy va boshqa qimmatli komponentlarning 98–99% gacha to‘liq cho‘kishiga xizmat qiladi. Metalllarni cho‘ktirishning optimal rejimlari quyidagicha: t=25–30 daqiqa; tiokarbamid sarfi — 2–6 kg/kg; ajralish samaradorligi E=96–98%.

Laboratoriya tadqiqotlari natijalariga ko‘ra, hosil bo‘lgan palladiy–tiokarbamid kompleksida palladiy miqdori 1500-2000 g gacha ko‘tarilib, metallning boyish darajasi 100 martaga yetadi [12, 35-b.]. Egri chiziqlar grafigidan (1-rasm) ko‘rinishicha, tiokarbamid eritmasining 70-90 g/l konsentratsiyasida palladiyning eng yuqori cho‘kish darajasi – 94-96% ga erishiladi. Optimal cho‘kish vaqti 25-30 daqiqa.

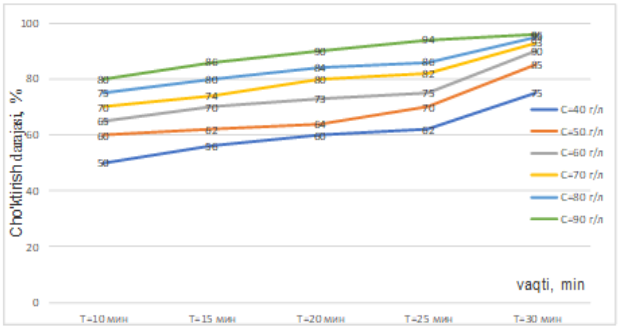
1-jadval

Palladiy miqdori turlicha bo‘lgan eritmalardan tiokarbamid eritmasi bilan palladiyni cho‘ktirish bo‘yicha tadqiqotlar natijalari

№	Eritmadagi Pd miqdori, mg/l	Tiokarbamid (tiomachevina) sarfi, gr	Qolgan qoldiq eritmadagi Pd miqdori, mg/l	Cho‘kmaga tushgan Pd miqdori, %	Pd cho‘kmaga ajralish darajasi (E), %
1	50	2	5,2-11,5	8,15	78,12
2	50	3	5,4-9,5	8,41	81,27
3	75	4	10,7-14,3	12,78	82,15
4	75	4,3	10,1-12,25	13,56	83,67
5	87	5	10,3-13,5	18,51	86,73
6	87	5,3	8,7-9,94	20,69	88,92
7	105	6	8,5-12,6	20,99	91,33
8	105	6,2	7-9,51	21,52	92,75
9	127	7	4,13-7,67	22,45	94,63
10	127	7,5	4,25-5,71	27,27	96,05

Palladiy – tiokarbamid kompleksi avval pechga yuklanib 300°C da quritiladi, so‘ng 500-600°C harorat oralig‘ida termik parchalanish boshlanadi; jarayon davomiyligi 3–4 soatni tashkil etadi. Termik parchalanish jarayonida palladiy cho‘kmasi quyidagi reaksiyaga muvofiq parchalanadi:

$$2[Pd(SC(NH_2)_2](NO_3)_2+8{,}5O_2\rightarrow PdO*PdO_2+8NO_2\uparrow+2SO_2\uparrow+2CO_2\uparrow+4H_2O\uparrow$$



1-rasm. Qimmatbaho komponent cho‘ktirish darajasining jarayon davomiyligiga va tiokarbamid eritmasining kontsentratsiyasiga bog‘liqligi.

Termik parchalanish bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlar palladiyning shoh arog‘ida keyingi eruvchanlik darajasi parchalanish rejimlariga bog‘liq ekanini ko‘rsatdi. Ushbu bog‘liqlik 2-jadvalda keltirilgan.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

2-jadval

Kuydirish haroratining t=300-600°C palladiyning shoh arog‘i eritmasida erish darajasiga bog‘liqligini o‘rganish natijalari

№	Kuydirish harorati, T, °C	Kuydirishdan keyingi kuyindi massasi, (boshlang‘ich namuna massasi 50 gr)., gr	Pd ning shoh arog‘ida eruvchanligi, %
1	300	43	70,25
2	300	42	71,43
3	350	41	73,78
4	350	40	72,52
5	400	40	80,19
6	400	39	81,56
7	450	37	84,57
8	450	35	85,11
9	500	27	88,78
10	525	26	89,23
11	550	25	94,27
12	550	24	96,63
13	600	25	95,34
14	600	25	95,21

2-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, palladiyning eruvchanligi 600°C da kuydirilganda 95,34% ga yetadi. Buning sababi – yuqori haroratda kuydirish palladiy kompleksini to‘liq metall holatga parchalab, zarracha yuzasini ochadi va natijada shoh arog‘ida (aqua regia) eritilish darajasini oshiradi. Tajribalar shuni ko‘rsatdiki, 550°C dan past haroratlarda o‘tkazilgan termik parchalanish keyingi eritish bosqichida eruvchanlikni pasaytiradi: parchalanish chog‘ida hosil bo‘lgan palladiy qayta oksidlanib, eritish vaqtida eruvchanlikning kamayishiga olib keladi. Shu asosda palladiy saqlovchi mahsulot uchun optimal kuydirish harorati 550–600°C diapazoni deb qabul qilindi.

Adabiyotlar tahlili ko‘rsatadiki, reagent sarfi kam, arzon va PdO ning yuqori darajada qaytarilishini gidrazin eritmasi ta’minlaydi. Taklif etilgan texnologiya laboratoriya va kengaytirilgan laboratoriya sharoitlarida sinovdan o‘tkazildi; jarayon 2–4 soat davom etdi. Dastlabki va yakuniy mahsulotlarning tahlili palladiyning to‘liq qaytarilishini tasdiqladi. Cho‘kmaning qaytarilish reaksiyasi quyidagicha ifodalanadi [12, 18-b.]:

$$Pd_2O_3+N_2H_4 \rightarrow Pd+PdO+N_2+2H_2O$$

$$2(Pd\cdot PdO)+N_2H_4 \rightarrow 4Pd+N_2+2H_2O$$

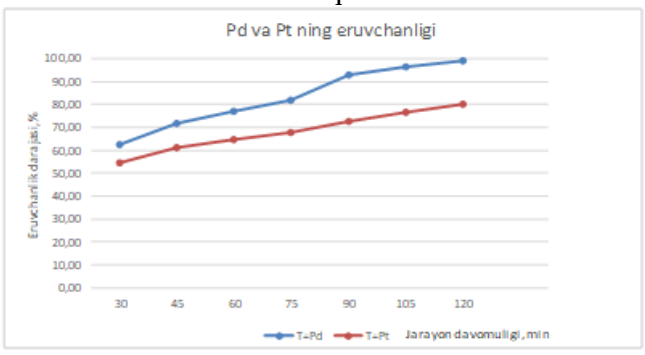
Palladiyni tiklash jarayoni tugagach, oraliq mahsulot gidrazin qoldiqlarini chiqarib tashlash uchun distillangan suv bilan yaxshilab yuviladi va 100–110°C haroratda quritishga qo‘yiladi. Keyin laboratoriya mufel pechida namlikdan xoli qilinib, keyingi bosqichlarga tayyorlanadi.

Mavjud texnologiyaga ko‘ra, palladiy bir necha marotaba nitrat kislotada eritiladi. Biroq bu usul o‘zini oqlamadi: palladiyni ajratib olish darajasini sezilarli oshirish shoh arog‘i (aqua regia)da eritish bosqichisiz imkoni yo‘qligi aniqlandi. O‘tkazilgan tajriba-sinovlar asosida yangi texnologik sxema ishlab chiqildi (3-rasmga qarang) va natijada platina hamda palladiyning eritmaga o‘tish (eruvchanlik) darajasi hamda umumiy ajratib olish ko‘rsatkichi keskin oshirildi.

Tajribalarga ko‘ra, eritish vaqti uzaygan sari metallar eruvchanligi ortadi, chunki palladiy va platinaning shoh arog‘ida eritilishi jarayon kinetikasiga bog‘liq. 2-rasmdan ko‘rinadiki, palladiyning eritmaga o‘tish darajasi platinanikiga nisbatan yuqoriroq. Bu palladiyning umumiy tiklanish (reduktsiya) darajasi yuqoriligi bilan izohlanadi. Eruvchanlikka kuchli ta’sir qiluvchi omillar — shoh arog‘i eritmasining konsentratsiyasi va sarfi.

Eksperimental ravishda aniqlandiki, eritish vaqti ortganda reagent sarfi ham ortadi; buning natijasida eritmadagi palladiy konsentratsiyasi ko‘payadi. Jarayon davomiyligi 120 minut bo‘lganda sarf 200 g/dm³ ga yetadi va 100 g palladiy mahsuloti uchun 2 l reaktiv ishlatiladi.

Olingan natijalar asosida palladiy mahsulotini eritishning optimal rejimlari belgilandi. 2-rasm egri chiziqlari platinoid guruhidagi metallar, xususan platina va palladiy eruvchanligining ortishini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, toblangan mahsulot tarkibidagi qo‘shimcha metallar ham (masalan, Fe, Cu, Ni, Au, Ag) eritmada ma’lum miqdorda erib, eritmani ifloslantirishi aniqlandi.



2-rasm. Jarayon davomiyligi va shoh arog‘i eritmasining platina va palladiyni eruvchanligiga bog‘liqligi.

Platina va palladiyning shoh arog‘i eritmasida erish reaksiyasi quyidagicha:

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

$3Pd+18HCl+4HNO_3 \rightarrow 3H_2[PdCl_6]+4NO\uparrow+8H_2O$
$3Pt+18HCl+4HNO_3 \rightarrow 3H_2[PtCl_6]+4NO\uparrow+8H_2O$

Qimmatbaho metallar eritmaga o‘tgach, mahsulotning erimagan qismi filtrlanib, chiqindi sifatida chiqariladi. Keyingi bosqichda eritmadan platinani tanlab ajratib olish bo‘yicha tajribalar o‘tkazildi. Buning uchun ammoniy xlorid (NH_4Cl) eritmasi platina cho‘ktiruvchisi sifatida tanlandi: u eritmadan platinani selektiv ravishda cho‘ktiradi, palladiy esa eritmada qoladi. Eritma mexanik aralashtirgichli reaktorda oz miqdordagi NH_4Cl eritmasi bilan ishlov berildi.

Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, jarayon davomiyligi uzaygan sari ammoniy xlorid sarfi ham, platinaning tanlab cho‘kish darajasi ham ortadi. Eksperimental ko‘rsatkichlar 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

Ammoniy xlorat bilan platina cho‘ktirish jarayonining optimal rejimi va davomiyligini aniqlash bo‘yicha tajribalar natijalari

№	Cho‘ktirish vaqti, min	Ammoniy xlorat sarfi, l	Cho‘kmada platina miqdori, %	Platinaning cho‘kmaga ajralish darajasi, %
1	30	5	16	68,56
2	60	10	20	72,21
3	90	15	26	76,89
4	120	20	28	80,23
5	150	25	30	86,72
6	160	30	30	86,68

3-jadval ma’lumotlariga ko‘ra, cho‘ktirish vaqtini 150 daqiqadan ortiq uzaytirish platinaning ajralish darajasini oshirmaydi; shu bois optimal cho‘ktirish vaqti 150 daqiqa deb belgilandi. Eng yuqori tiklanishni ta’minlagan reagentning minimal sarfi 25 litrni tashkil etdi. Olingan natijalar sanoat sharoitida joriy etish uchun asos bo‘lib, cho‘ktirish bosqichida tetraxloropalladiy kislotasi ($H_2[PdCl_4]$) eritmada qolishi, cho‘kma esa ammoniy geksaxloroplatinat(IV) — $(NH_4)_2[PtCl_6]$ shaklida hosil bo‘lishi tasdiqlandi [17, 2125-b.].

$H_2[PtCl_6]+2NH_4Cl=\downarrow(NH_4)_2[PtCl_6]+2HCl$
$H_2[PdCl_4]+2NH_4Cl \rightarrow (NH_4)_2[PdCl_4]+2HCl$

Palladiy eritmasini qo‘shimchalardan tozalashning eng maqbul usullarini aniqlash uchun bir qator tajribalar o‘tkazildi. Ammiak asta-sekin eritmaga kiritildi. Agar ammoniy gidroksid miqdori ko‘paytirilsa, quyidagi birikma hosil bo‘ladi:

$(NH_4)_2[PdCl_4]+4NH_3 \rightarrow [Pd(NH_3)_4]Cl_2+2NH_4Cl$

Ammiakli suv palladiyga erituvchi sifatida ta’sir qiladi va shu sababli palladiy eritmaga fazasiga o‘tadi. Eritmada ba’zi qo‘shimchalar bilan o‘zaro ta’sir qiluvchi ammoniy gidroksid eritmasi zararli metallarni gidroksidlar shaklida suvda erimaydigan cho‘kma hosil qilib cho‘kadi: $Fe(OH)_3\downarrow$, $Cu(OH)_2\downarrow$, $Ni(OH)_2\downarrow$.

$FeCl_3+3NH_4OH \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow+3NH_4Cl$
$CuCl_2+2NH_4OH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow+2NH_4Cl$
$NiCl_2+2NH_4OH \rightarrow Ni(OH)_2\downarrow+2NH_4Cl$

Keyinchalik, dixlorodiamminopalladiy (II) (XPZ-palladozoamin)ning cho‘kishi va kislotali muhitning XPZ ning cho‘kishiga ta’siri o‘rganildi. Buning uchun maxsus tanlab cho‘ktirish texnologiyasi ishlab chiqilgan (3-rasm va formulalarga qarang).

$[Pd(NH_3)_4]Cl_2+2HCl=[Pd(NH_3)_2Cl_2]\downarrow+2NH_4Cl$

Tajribalar turli konsentratsiyalarda va turli miqdorda xlorid kislota eritmasida o‘tkazildi. Eksperimental ravishda HCl ning qo‘shilgan miqdori ko‘p bo‘lmasligi kerakligi aniqlandi, chunki hosil bo‘lgan kompleks yana eritma fazasiga o‘tishi mumkin.

$[Pd(NH_3)_2Cl_2]+2HCl \rightarrow (NH_4)_2[PdCl_4]$

Tajribalar natijalariga ko‘ra palladiyni xlorid kislota eritmasida cho‘ktirishning optimal rejimlari aniqlandi: HCl ning sarfi 100 g palladiy kukuniga 1 litr, cho‘kma muhiti pH=1-2. Palladiy va platinaning cho‘kish maqbul ko‘rsatkichlari 4-jadvalda ko‘rsatilgan.

4-jadval

Palladiyni cho‘ktirishning maqbul omillarini o‘rganish tajriba natijalari

№	Cho‘tirish vaqti, min	Xlorid kislotasi sarfi 100 gr Pd olish uchun, l	HCl konsen-tratsiyasi, %	Cho‘k-mada palladiy miqdori, %	Palladiy ni XPZga ajralish darajasi, %
1	10	0,20	30	40	51,8
2	15	0,25	40	50	62,9
3	20	0,50	45	60	71,4
4	25	0,75	50	70	86,7
5	30	1,0	65	80	96,8
6	40	1,25	65	65	80,7

Jadvaldan ko‘rinadiki, 100 g palladiyni cho‘ktirish uchun 1 litr xlorid kislotasi kifoya, optimal jarayon vaqti – 30 daqiqa. Vaqtni bundan orttirish palladiy cho‘kish darajasini pasaytiradi va xlorid kislotasi sarfini oshiradi. Palladozoamin ($[Pd(NH_3)_2Cl_2]$) xlorid kislotasi bilan cho‘ktirilganda hosil bo‘lgan gidratlar filtrlash orqali ajratiladi; qolgan komplekslar parchalanib, keyingi affinaj bosqichiga xalaqit bermaydi.

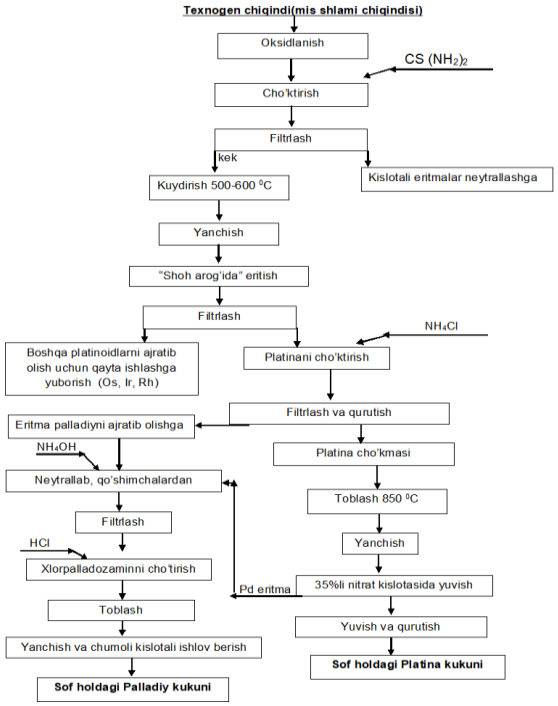
Agar jarayon 40 daqiqagacha uzaytirilsa, HCl

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

sarfi 1,25 litrgacha ko‘payadi; bu sharoitda cho‘kma palladiy asta-sekin yana kislota muhitida qayta eriy boshlaydi. Palladiy oksidini qaytarish uchun esa 100 g Pd kukuniga 200 ml reaktiv sarf bilan chumoli kislotasi qo‘llaniladi.

$$2PdO+HCOOH \rightarrow Pd+\uparrow CO_2+H_2O$$

Olingan kukun juda oz miqdorda Pb, Sn va boshqa metall aralashmalarini saqlaydi. Uni qo‘shimchalardan tozalash uchun biz kukunni limon kislotasi bilan qayta ishlaymiz (limon kislotasining iste'moli 100 g Pd kukuniga 200 ml). Qo‘shimchalardan tozalangandan so‘ng, kukun distillangan suv bilan yuviladi va mahsulot quritiladi. Natijada tozalangan Pd kukuni hosil bo‘ladi.



3-rasm. Texnogen chiqindilardan platina va palladiy metallarini ajratib olishning tavsiya etilgan innovatsion texnologik sxemasi.

Taklif etilayotgan texnologiya jarayonning davomiyligini qisqartirishi aniqlandi, bu amaliyotda katta hajmdagi chiqindini qayta ishlash uchun muhim omil hisoblanadi.

Keng qamrovli tadqiqotlar, jumladan, bir qator tajriba va sinovlar natijasida 17 ta operat-siyadan va umumiy jarayon davomiyligi 24-26 soatdan iborat yangi texnologik sxema ishlab chiqildi (3-rasmga qarang). Bunda palladiyning 1 litrda 50 mg ni tashkil etgan eritmalaridan 84% gacha ajralish darajasi bilan palladiyni maksimal ajratib olish ta'minlandi. Natijada palladiyning massa ulushi 99,5-99,94% holda bo‘lgan tozalangan va affinajlangan palladiy kukuni hosil bo‘ldi (5-jadvalga qarang).

Ishlatilgan elektrolitlarni qayta ishlashning zamonaviy kompleks usullaridan foydalanish natijasida chiqindilar tarkibidan platina va palladiyni to‘liq ajratib olishni oshirishga olib keladi. Texnologiya ekologik nuqtai nazardan ham maqsadga muvofiq bo‘lib, texnogen chiqindilarni qayta ishlash natijasida chiqindilar yig’ilgan yerlar bo‘shatiladi va atrof muhitga tasiri kamayadi, shuningdek qo‘shimcha qimmatbaho metallarni ajratib olish hisobiga iqtisodiy samaradorlikka erishiladi.

Ushbu texnologiyaning joriy etilishi, shubhasiz, platina va palladiyni qo‘shimcha ajratib olinishi hisobiga ijobiy iqtisodiy (7764547682,08 so‘m) samara beradi va sanoat chiqindilari to‘plangan joylarda ekologik vaziyatni yaxshi-lanishiga olib keladi.

Xulosa. Taklif etilgan texnologiya texnogen elektrolitlardan palladiy va platina guruhidagi metallarni samarali ajratib olishga imkon berdi: aqua regia uchun optimal reagent-parametrlar, selektiv cho‘ktirish va qaytarish (reduktsiya)

5-jadval

Affinajlangan palladiy kukunining fizik-kimyoviy tahlil natijalari

Namuna №	Maxsulot nomi	Ulushi, %										
		Pd	Pt	Rh	Ir	Ru	Au	Pb	Fe	Si	Sn	Al
10	Pd kukuni	99,90	0,0036	0,0312	0,0003	0,0038	0,0068	0,0026	0,00119	<0,0001	<0,0001	0,0002
		Ulushi, %										
		Sb	Ag	Mg	Zn	Cu	Ni	Mn	Cr	Co	Ca	
		0,0025	0,0244	0,0003	<0,0001	0,0055	0,0012	0,0001	0,0004	0,0005	0,0006	
Namuna №	Maxsulot nomi	Ulushi, %										
		Pd	Pt	Rh	Ir	Ru	Au	Pb	Fe	Si	Sn	Al
11	Pd kukuni	99,94	0,0022	0,0310	0,0003	0,0039	0,0032	<0,0001	0,0055	<0,0001	<0,0001	0,0003
		Ulushi, %										
		Sb	Ag	Mg	Zn	Cu	Ni	Mn	Cr	Co	Ca	
		0,0022	<0,0001	0,0001	<0,0001	0,0050	0,0012	0,0001	0,0006	0,0005	0,0004	

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

yo‘llari asosida ishlab chiqilgan yangi texnologik sxema yuqori mahsuldorlik, past energiya sarfi va reagent tejamkorligini ta’minladi. Natijada palladiyning chegaralangan tiklanish darajasi 55% dan 84% gacha oshirildi, yakuniy mahsulot tozaligi 99,9–99,94% ga yetkazildi, platina esa tanlab cho‘ktirish orqali kamida ikki baravar yuqori darajada ajratib olindi. Kompleks yondashuv chiqindi oqimlaridan PGMlarni to‘liqroq qaytarish, iqtisodiy samaradorlikni oshirish hamda ekologik yukni kamaytirish imkonini beradi; shuning uchun texnologiyani sanoat miqyosida joriy etish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Масленицкий, И. Н., Чугаев, Л. В., Борбат, В. Ф., Никитин, М. В., & Стрыйко, Л. С. (1987). Металлургия благородных металлов. Москва: Металлургия.
2. Котляр, Ю. А., Меретуков, М. А., & Стрыйко, Л. С. (2005). Металлургия благородных металлов (Кн. 2). Москва: Руда и металл.
3. Xursanov, A. X., Xasanov, A. S., Abdukadirov, A. A., & Voxidov, B. R. (2021). Texnologiya platinoidov. Toshkent: Muharrir.
4. Хурсанов, А. Х., Хасанов, А. С., & Вохидов, Б. Р. (2019). Разработка технологии получения аффинированного палладиевого порошка из отработанных электролитов. Горный вестник Узбекистана, 1(76), 58–61. https://gorniyvestnik.uz/ru/release/2019/1
5. Хасанов, А. С., & Вохидов, Б. Р. (2019). Современные проблемы и инновационные технологии решения вопросов переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК. В Материалах I международной научно-практической конференции (сс. 122–126). Алмалык, Узбекистан: Мухаррир.
6. Хасанов, А. С., Вохидов, Б. Р., Хамидов, Р. А., Сирождов, Т. Т., Мамараимов, Г. Ф., & Хужамов, У. У. (2019). Исследование повышения степени извлечения и чистоты аффинированного палладиевого порошка из сбросных растворов. UNIVERSUM: Технические науки, (9), 20–30. https://7universum.com/ru/tech/archive/category/966
7. Хасанов, А. С., Вохидов, Б. Р., Рустанов, С. У., Норов, Г. М., Баракаев, А. М., Тошимов, Б. Н., & Туробов, Ш. Н. (2019). Исследование технологии извлечения палладия из отработанных электролитов. Достижения науки и образования, 7(48), 5–7. Иваново, РФ.
8. Борбат, В. Ф. (1977). Металлургия платиновых металлов. Москва: Металлургия.
9. Xursanov, A. X., Xasanov, A. S., Abdukadirov, A. A., & Voxidov, B. R. (2020). Platinoidlar texnologiyasi. Toshkent: Muharrir.
10. Vokhidov, B. R. (2019, June 10–11). Nauchnoe obosnovanie tekhnologii polucheniya chistogo poroshka palladiya iz tekhnogennykh elektrolitov. In International scientific review of the technical sciences, mathematics and computer science (pp. 55–62). Boston, USA.
11. Хурсанов, А. Х., Хасанов, А. С., Абдукадиров, А. А., Усманкулов, О. Н., Вохидов, Б. Р., Аскаров, Б. М., Умаралиев, И. С., & Абдуваитов, Д. С. (2019). Способ извлечения аффинированного палладиевого порошка из отработанных электролитов (Заявка на патент № IAP 20190183; приоритет от 30.04.2019).
12. Шарипов, Х. Т., Борбат, В. Ф., Даминова, Ш. Ш., & Кадирова, З. Ч. (2018). Химия и технология платиновых металлов. Ташкент: Университет.